

宇宙総合学研究ユニット NEWS 2024 年 1 月号



[研究紹介]

京都大学飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡を用いた 太陽フィラメントの磁場観測

山崎 大輝

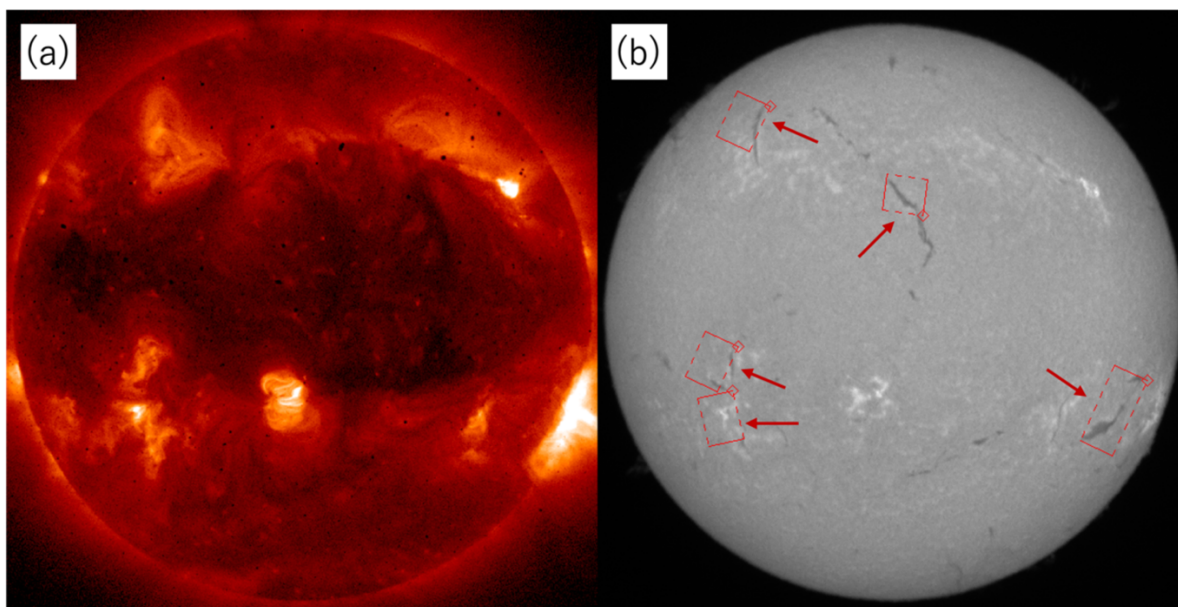
(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)

(概要)

太陽外層大気は 100 万度近くに高温環境です。大気中には低温高密な電離ガスの雲、フィラメントが浮かんでいます。これまでの研究から、フィラメントを重力に逆らって支える力は、磁場の力であると考えられています。しかし、どれくらいの強さの磁場がどのような形で支えているのかについては、まだ明らかになっていません。そこで我々は、太陽大気の磁場を診断できる特殊な光を捉えることで、フィラメントの磁場に迫りました。

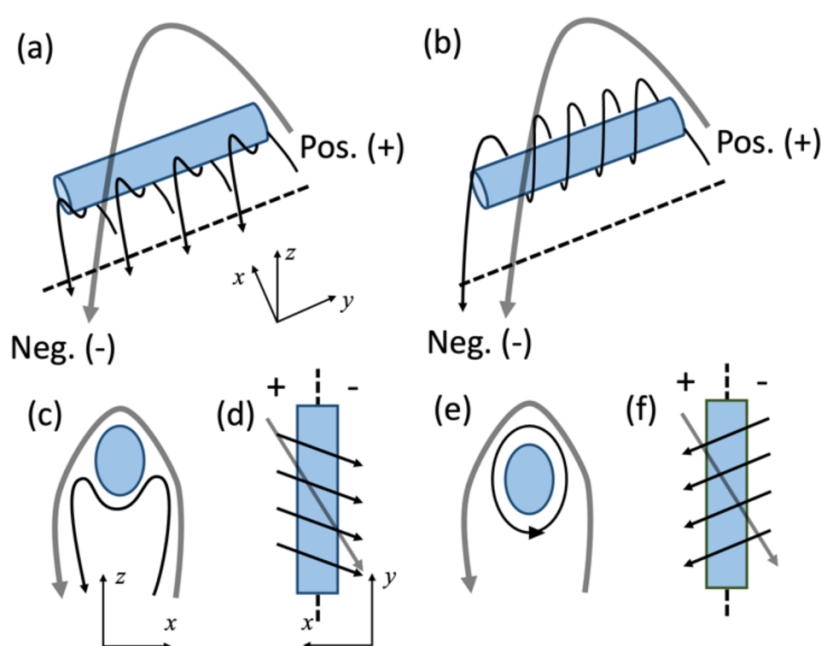
(背景)

太陽は電離ガスでできた星であり、太陽大気は、温度約 6000 度の光球から上層に向かって、約 10000 度の彩層、そして数百万度のコロナによって形成されます (図 1(a))。大気中には、電離ガスが存在し、磁場との相互作用から多様な現象を示します。その中でも、太陽表面で発生する太陽フレアは、太陽系最大のエネルギー解放現象です。太陽フレアは、しばしば太陽大気中のプラズマ雲であるフィラメントの噴出を伴い (図 1(b))、地球磁気圏を含む惑星間空間に大きな擾乱をもたらします [1]。また、フィラメントを支える磁場は、太陽フレアで解放されるエネルギー源と考えられており、フィラメントの磁場を定量的に診断することは、重要な研究課題です。



(図 1) (a)ひので衛星 XRT 望遠鏡による X 線を見た太陽、光っている領域が温度約 100 万度の領域、(b)飛騨天文台 SMART 望遠鏡による H α 線を見た太陽、赤矢印で示した領域にフィラメント（黒い筋模様）が存在する。（撮影日：2022 年 4 月 9 日）

これまでの研究から、フィラメントを支える磁場構造には 2 つのモデルが提案されています。ひとつ目は、シアしたアーケード状の磁場の頂点付近の窪みにプラズマが捕えられているモデル（順極性型、図 2(a, c, d)）[2]で、ふたつ目は、螺旋状の磁場の内部にプラズマが捕えられているモデル（逆極性型、図 2(b, e, f)）[3]です。また、統計的な解析から比較的磁場の弱い領域の上空に形成されるフィラメント（静穏領域フィラメント）は逆極性型が多く、比較的磁場の強い領域の上空に形成されるフィラメント（活動領域フィラメント）は順極性型が多いと考えられています[4]。さらに、フィラメントの磁場強度については、静穏領域フィラメントの場合は概ね 10 G 程度[5]、活動領域フィラメントの場合は概ね 100 G 程度[6]と考えられています。

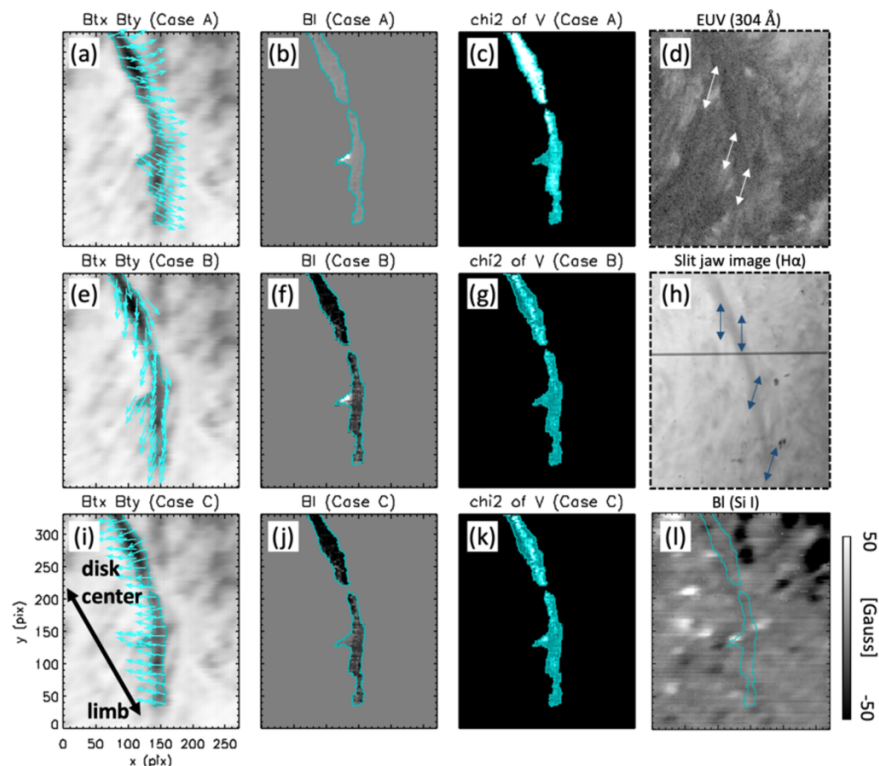


(図 2) 順極性型(a, c, d)及び逆極性型(b, e, f)の磁場構造の模式図

しかし、これまでの研究の統計解析では、観測上の制限から、局所的な磁場の極性のみによって順極性型か逆極性型かを判別しており、フィラメント全体の磁場構造を観測的に診断しての統計的な性質の検証はなされていません。そこで、本研究では空間情報を含むフィラメントの観測を行い磁場強度と磁場構造の調査を行いました。

(研究成果)

フィラメントの磁場を観測的に診断するためには、フィラメント中で背景光が吸収された結果生じる光の偏りを計測する手法が有効です。特に、太陽フィラメント中の中性のヘリウムが作る近赤外線スペクトル (He I 10830 Å) は、ゼーマン効果やハンレ効果を介して磁場の強さや向きに対応した偏光を示します。我々は京都大学飛騨天文台のドームレス太陽望遠鏡[7]に搭載する近赤外偏光分光観測装置を開発し[8, 9]、その装置を用いて、2022年4月、6月、8月に計8サンプルの静穏領域フィラメントを観測しました。その結果、磁場強度については8-35 Gと得られ、磁場構造については8例中1例が順極性型、8例中7例が逆極性型と得られました。結果の一例を図3に示しました。この結果は、概ね先行研究[4, 5]と一致しており、空間情報を含んだ観測から複数のフィラメントについて磁場構造を決定した初の研究です[10]。



(図 3) He I 10830 Å の観測から得られたフィラメント磁場構造の例、本研究では(e, f)で示した磁場構造を選択

(今後の展望)

本研究では、静穏領域フィラメントについて磁場強度と磁場構造の調査を行いました。今後の研究では、対象を活動領域フィラメントにも広げて本研究と同様の解析を施すことで、先行研究との比較検討を実施する予定です。また、太陽フレアに至る過程でのフィラメントの磁場構造の時間変化についても、粘り強い観測から迫っていきます。

(参考文献)

- [1] Shibata & Magara 2011, Living Reviews in Solar Physics, 11, 1
- [2] Kippenhahn & Schlüter 1957, Zap, 43, 36
- [3] Kuperus & Raadu, 1974, A&A, 31, 189
- [4] Bommier et al. 1994, Sol. Phys., 154, 231
- [5] Casini et al. 2003, ApJL, 598, L67
- [6] Kuckein et al. 2009, A&A, 501, 1113
- [7] Nakai & Hattori 1985, Memoirs Faculty of Sciences University of Kyoto, 36, 385
- [8] Ichimoto et al. 2022, Tech. Rep. from Astron. Obs. Grad. School of Science Kyoto Univ., 6-3
- [9] Yamasaki et al. 2022, Tech. Rep. from Astron. Obs. Grad. School of Science Kyoto Univ., 6-2
- [10] Yamasaki et al. 2023, PASJ, 75, 660

今後の宇宙学セミナー・関連イベントなど

日時	内容	開催場所
2/10 (土) 13:00-17:00	第 17 回 宇宙ユニットシンポジウム テーマ:「人類、火星に向かう」 ※参加無料 ※事前申込必要 (ポスター発表申込みは受付 終了、聴講のみの参加登録は 2/2 (金) 〆切) 申込み URL : https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdsoPzOgNKXILamOBhZcyp9N8uEwfjXSdSpeSOEn6Ief7NS4w/viewform	京都大学 国際科学イノベーション棟 5 階 (吉田キャンパス本部構内)
2/11 (日) 13:00-17:00		

※宇宙学セミナーの詳細は随時 Web ページ (<http://www.usss.kyoto-u.ac.jp/seminar/>) で公開いたします。

宇宙ユニットの活動やイベントについては、下記サイトをご覧ください。また、宇宙ユニットや本 NEWS に関する皆様のご意見等も気軽に下記メールアドレスまでお送りください。

京都大学 宇宙総合学研究ユニット

<https://www.usss.kyoto-u.ac.jp/>

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 吉田キャンパス北部構内 北部総合教育研究棟 507 号室

編集人：白戸春日 (宇宙ユニット RA)

Tel&Fax: 075-753-9665 Email: usss@kwasan.kyoto-u.ac.jp